

## Process and apparatus for humidifying process gas for operating fuel cell systems

Patent Number: ☐ US5432020

Publication date: 1995-07-11

Inventor(s): FLECK WOLFRAM (DE)

Applicant(s):: DAIMLER BENZ AG (DE)

Requested  
Patent: ☐ JP7014599

Application  
Number: US19940257328 19940607

Priority Number  
(s): DE19934318818 19930607

IPC  
Classification: H01M8/04

EC  
Classification: H01M8/04C2

Equivalents: ☐ DE4318818, ☐ EP0629013, A3, B1, B2, ☐ EP0629014, A3, B1,  
JP2684159B2, JP2743147B2, ☐ JP7014597, ☐ US5434016

### Abstract

A process and an apparatus humidify process gas for operating fuel cell systems. To ensure high efficiency, the process gas must be introduced at a predetermined temperature and humidity. A metered quantity of fine water droplets is injected into the gas supply line, by way of which the process air is humidified. If the fuel cell is operated under pressure, the process air generally has to be cooled after it has been compressed. The process air is automatically cooled as a result of a partial evaporation of the water droplets while the residual quantity of water in the form of droplets is introduced into the fuel cell.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-14599

(43) 公開日 平成7年(1995) 1月17日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 M 8/04

識別記号

庁内整理番号

P

F I

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数 6 書面 (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平6-154087

(22) 出願日 平成6年(1994) 6月2日

(31) 優先権主張番号 P 4 3 1 8 8 1 8 . 4

(32) 優先日 1993年6月7日

(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(71) 出願人 593063437

ダイムラー・ベンツ・アクチエンゲゼル  
シャフトDaimler-Benz Aktien  
gesellschaftドイツ連邦共和国シュトゥットガルト80・  
エツプレシュトラッセ225

(72) 発明者 ヴォルフラム・フレック

ドイツ連邦共和国エルバツハ・パノラマヴ  
エーク12

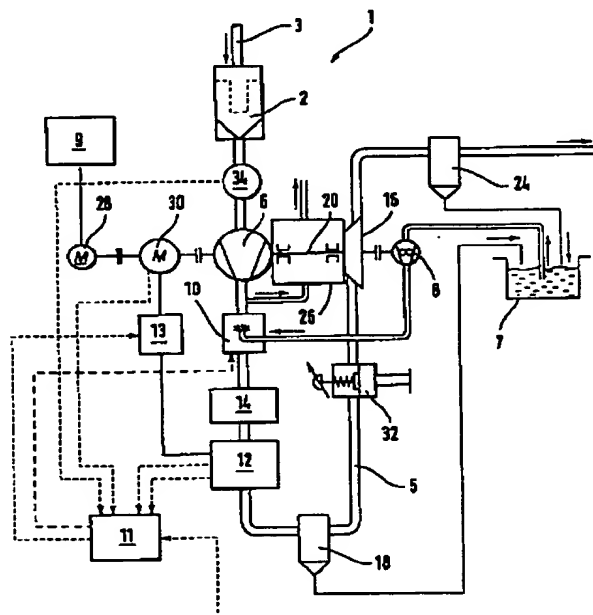
(74) 代理人 弁理士 中平 治

(54) 【発明の名称】 燃料電池装置の出力調整装置及びその運転方法

(57) 【要約】

【目的】 空気圧縮のために必要なエネルギー消費を最小にしながらすべての運転範囲で燃料電池装置の発生出力を最適化できる調整装置及びその運転方法を提供する。

【構成】 空気を呼吸する燃料電池装置 1 は、空気供給導管 3、燃料電池 12、空気排出導管 5、及び別個の水素ガス供給装置から成っている。燃料電池 12 の出力を調整するため、空気供給導管 3 中に回転数の可変な圧縮機 6 が設けられ、空気排出導管 5 中に吸収能力の可変な膨張機 16 が設けられ、圧縮機 6、膨張機 16 及び付加的な駆動電動機 30 が共通な軸 20 上に設けられている。膨張機 16 は、排出空気に含まれる圧力エネルギーを機械的エネルギーに変換し、共通な軸 20 を介してこのエネルギーを圧縮機 6 へ与える。空気容積流量は圧縮機 6 の回転数を介して所定の目標値に調整され、同時に膨張機 16 の吸収能力の制御によって、燃料電池装置 1 における所定の運転圧力への調整が行われる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 燃料電池への空気供給導管に設けられる回転数の可変な圧縮機と、空気排出導管に設けられる膨張機とを有し、圧縮機及び膨張機が共通な軸上に設けられているものにおいて、吸収能力の可変な膨張機（16）が使用され、圧縮機（6）の回転数（ $n$ ）及び膨張機（16）の吸収能力が、制御装置（11）により所定の目標値に調整されることを特徴とする、空気を呼吸する燃料電池装置の出力調整装置。

【請求項 2】 膨張機（16）の上流側に揺動板弁（32）が設けられ、負圧が加わると、この揺動板弁を介して周囲空気が吸入されることを特徴とする、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】 共通な軸（20）上に、燃料電池（12）から電圧を供給される電動機（30）と、始動電池（9）から電圧を供給される始動電動機（28）とが設けられていることを特徴とする、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】 電動機（30）として永久磁石で励磁される同期電動機が使用されることを特徴とする、請求項 3 に記載の装置。

【請求項 5】 測定される燃料電池電流（ $I_{BZ}$ ）に基づいて空気容積流量の目標値（ $V_{s,oll}$ ）を求め、圧縮機回転数（ $n$ ）の制御により空気容積流量の実際値（ $V_{i,s,t}$ ）をこの目標値（ $V_{s,oll}$ ）に調整し、膨張機（16）の吸収能力の制御により、燃料電池（12）の陰極空間の圧力を所定の運転圧力（ $p_L$ ）に調整することを特徴とする、請求項 1 に記載の装置の運転方法。

【請求項 6】 燃料電池装置（1）の始動の際、最小空気容積流量（ $V_{min}$ ）及び運転圧力（ $p_{min}$ ）が利用可能になるまで、始動電動機（28）により圧縮機（6）を駆動し、続いて電動機（30）を始動し、始動電動機（28）を消勢することを特徴とする、請求項 5 に記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、燃料電池への空気供給導管に設けられる回転数の可変な圧縮機と、空気排出導管に設けられる膨張機とを有し、圧縮機及び膨張機が共通な軸上に設けられている、空気を呼吸する燃料電池装置の出力調整装置及びその運転方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 ドイツ連邦共和国特許第 4 0 2 1 0 9 7 号明細書から公知の燃料電池装置では、空気が燃料電池へ入る前に 1 つ又は複数の圧縮機により圧縮される。燃料電池を通つた後排出される空気は、エネルギーを回収するためタービンを通して膨張せしめられ、タービン、圧縮機及び付加的な駆動電動機が共通な軸上に設けられている。この装置の欠点は、空気容積流量も空気の運転圧力も互いに無関係に変化できないことである。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の課題は、空気圧縮のために必要なエネルギー消費を最小にしながら、すべての運転範囲で燃料電池装置の発生出力を最適化することができる装置及びその運転方法を提供することである。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】 この課題を解決するため本発明の方法によれば、吸収能力の可変な膨張機が使用され、圧縮機の回転数及び膨張機の吸収能力が、制御装置により所定の目標値に調整される。

【0005】 この装置を運転するため本発明の方法によれば、測定される燃料電池電流に基づいて空気容積流量の目標値を求め、圧縮機回転数の制御により空気容積流量の実際値をこの目標値に調整し、膨張機の吸収能力の制御により、燃料電池の陰極空間の圧力を所定の運転圧力に調整する。

## 【0006】

【発明の効果】 回転数の可変な圧縮機と吸収能力の可変な膨張機と連結することにより、燃料電池装置を常に最適な条件で運転すると共に、空気の圧縮に必要なエネルギーを減少することが可能となる。過剰な空気及び運転圧力が、いかなる時点でも運転条件及びそのつどの装置構成に最適に合わされていると、燃料電池装置の発生出力の最適化が行われる。この場合圧縮機回転数の変化により空気容積流量を調整することができる。従つて圧縮機回転数により、共通な軸を介して膨張機回転数も所定の値に規定される。しかし膨張機の可変な吸収能力により、運転圧力も調整することができる。

【0007】 別の利点は、排出空気に含まれる残留エネルギーが、膨張機により機械的エネルギーに変換され、共通な軸を介して圧縮機へ再び供給されることである。それにより圧縮機に必要なエネルギーが減少される。

【0008】 本発明のそれ以外の利点及び構成は、従属請求項からわかる。本発明による燃料電池装置の原理的構成を示す図面により、本発明を以下に説明する。

## 【0009】

【実施例】 全体を 1 で示す燃料電池装置は、燃料電池 12 又は燃料電池積層体を含み、この燃料電池 12 は空気供給導管 3 を経てプロセス空気を供給され、このプロセス空気は燃料電池 12 の図示しない陰極空間を通つた後、空気排出導管 5 を経て再び排出される。燃料電池 12 の同様に図示していない陽極空間は、第 2 のガス案内装置を介して燃料ガス例えば水素を供給される。空気供給導管 3 中にはプロセス空気を圧縮する圧縮機 6 が設けられている。燃料電池 12 において水素がプロセス空気に含まれている酸素と反応すると、電気エネルギーのほかに生成水及び反応熱が生じ、この生成水及び反応熱は、プロセス空気と共に燃料電池 12 から排出される。燃料電池 12 を出る際空気容積流量  $V_{Luft}$  は、消費された

酸素成分だけ減少する。

【0010】排出されるプロセス空気に含まれる圧力エネルギーを回収するため、空気排出導管 5 中に吸収能力の可変な膨張機 16 が設けられている。膨張機 16 は共通な軸 20 を介して圧縮機 6 に連結され、この共通な軸 20 上には更に電動機 30 及び始動電動機 28 及び場合によつてはポンプ 8 が設けられている。特定の運転条件で膨張機 16 が負のトルクを圧縮機 6 へ伝達するのを防止するため、燃料電池 12 と膨張機 16 との間には更に揺動板弁 32 があつて、負圧では周囲空気を吸入する。膨張機 16 の前の圧力が上昇すると、この揺動板弁 32 が内圧  $p_L$  により再び自動的に閉じられるので、膨張機 16 は再び圧縮機 6 を駆動することができる。公知の装置では、必要な運転圧力  $p_L$  は、この運転圧力  $p_L$  を確立しかつ燃料電池 12 を出た後の排出空気を周囲へ排出する圧力保持弁を介して設定される。しかしこの公知の方法では、プロセス空気へ費用をかけて供給される圧力エネルギーは、利用されることなく装置外へ失われる。

【0011】圧縮機 6 及び膨張機 16 はなるべく容積分流体機械の原理に基いており、回転子群のためにグリス潤滑ころがり軸受を持つ間隙密封機械が使用される。圧縮機 6 は内部圧縮部を持つ容積分ポンプ原理に基いており、従つて最高の効率を得ることができる。グリスの悪臭は歯車装置ケース 26 を経て直接外部へ排出されて、プロセス空気の汚染を回避する。それにより圧縮機 6 の下流側にフィルタ段を設けなくてもよい。膨張機 16 はなるべく一定容積原理に従つて動作するが、ポリトロープ膨張仕事の普通のタービンポンプセスに従つても動作することができる。圧縮機 6 及び膨張機 16 は共通なハウジング内にまとめられ、始動電動機 28 及び電動機 30 はフランジ結合されている。

【0012】燃料電池 12 を通つた後のプロセス空気に含まれる生成水は、1 つ又は複数の液体分離器 18、24 により空気排出導管 5 から分離されて、貯蔵容器 7 に集められる。この貯蔵容器 7 から、吸入されるプロセス空気の加湿に必要な水が、ポンプ 8 を経て噴射ノズル 10 へ供給され、微細に分布して空気供給導管 3 へ噴射される。この場合ポンプ 8 は共通な軸 20 又は別個の電動機により駆動することができる。水の噴射は圧縮機 6 の下流側又は上流側でも行うことができる。噴射される水は、圧縮され従つて熱せられる空気により蒸発せしめられる。その結果プロセス空気はこの蒸発せしめられた水により加湿される。同時にプロセス空気から蒸発エネルギーが取られるので、空気温度が低下する。従つて水噴射により空気冷却及び空気加湿の機能も果されるので、別体の空気加湿器を省くことができる。圧縮されるプロセス空気の含有エネルギーがプロセス空気に加湿するのに充分でないような燃料電池の構成においてのみ、付加的な空気加湿器 14 が必要になる。しかしこの場合少なくともこの付加的な空気加湿器 14 の大きさを減少すること

ができる。圧縮の前に水が噴射されると、圧縮機出力は更に 6～8% 減少する。この場合気体から、圧縮の際生ずるエネルギーが直接蒸発熱として取られるが、後で水を噴射する場合、気体温度がポリトロープ圧縮の際まず高められ、続いて蒸発熱の除去により再び低下せしめられる。

【0013】圧縮機 6 の駆動は、一部では膨張機 16 によりエネルギー回収を介して行われる。共通な軸 20 上には更に始動電動機 28 及び別の電動機 30 が設けられている。始動電動機 28 は、特に可動使用のために例えば車両分野で必要とされ、その場合給電は車両蓄電池 9 により行われ、一方電動機 30 は電流調整器 13 を介して燃料電池 12 から直接給電される。燃料電池装置 1 の始動の際、この燃料電池装置 1 において最小の空気容積流量  $V_{min}$  及び最小の運転圧力  $p_{min}$  が利用可能になるまで、圧縮機 6 が始動電動機 28 によつて駆動される。この時間中に電動機 30 は消勢されている。この場合燃料電池 12 に発生する電気エネルギーが燃料電池装置 1 全体の強力な運転のために充分であるように、最小空気容積流量  $V_{min}$  及び最小運転圧力  $p_{min}$  が選ばれている。この自己給電状態に達した後、電動機 30 が付勢され、続いて始動電動機 28 が消勢される。燃料電池 12 と電動機 30 との間の電流調整器 30 は、燃料電池装置 1 の運転中に生ずる電流及び電圧の変動を打消し、発生する直流電圧からパルス変調される交流を発生するのに役立つ。

【0014】燃料電池装置 1 全体の調整のために制御装置 11 が設けられている。この制御装置 11 へ調整パラメータとして、燃料電池電圧  $U_{BZ}$ 、燃料電池電流  $I_{BZ}$ 、圧縮機回転数  $n$  及び空気容積流量  $V_{Luff}$  が与えられ、空気フィルタ 2 と圧縮機 6 との間で空気供給導管 3 中に設けられるセンサ 34 により、空気容積流量  $V_{Luff}$  が検出される。制御装置 11 へ入力量として、更に燃料電池電流の目標値  $I_{BZ,soil}$  が与えられる。制御装置 11 において圧縮機回転数の目標値  $n_{soil}$  が求められて、対応する電流目標値  $I_{soil}$  を準備するため電流調整器 13 へ供給される。

【0015】制御装置 11 は更にプロセス空気の温度及び湿度の制御又は調整のためにも使用することができる。しかしこのために別個の制御装置を使用することも可能である。制御のため制御装置 11 において、前述した運転パラメータに関係して水噴射量の目標値が求められ、噴射ノズル 10 の制御により対応する量の水が噴射される。調整の際更に温度及び空気湿度を測定することが必要である。プロセス空気の温度及び湿度の測定される実際値が、所定の目標値に対して偏差を持つていると、噴射量の変化によりこの偏差が零となるように調整が行われる。圧縮されるプロセス空気の含有エネルギーが必要な量の水を蒸発させるのに充分でないと、まず水噴射量を介して温度が所定の目標値に調整され、続いて付

加的な空気加湿器 14 により空気湿度が所定の目標値に合わされる。

【0016】圧縮機 6 の消費エネルギーは、圧力（揚程）の 2 乗に比例しかつ質量流量に比例して増大する。圧縮機出力は空気容積流量  $V_{Luft}$  の 3 乗に比例して増大する。更に発生される燃料電池出力は、空気圧力  $p_L$  及び同じ流れ負荷における空気過剰率と共に増大する。従つて燃料電池装置における高い効率及び大きい出力密度を得るために、燃料電池 12 をできるだけ高い圧力  $p_L$  及び加湿される気体で運転せねばならない。これを保証するため、圧縮機 6 により与えられるプロセス空気は、できるだけ僅かな消費エネルギーで発生されねばならない。燃料電池装置 1 の発生出力の最適化は、空気過剰率及び運転圧力  $p_L$  がそのつどの燃料電池構成及び運転条件に合わされる時に、行われる。更に圧縮機 6 は、高い回転数の広がり及び全回転数範囲における高い効率を持つていなければならない。

【0017】燃料電池装置 1 のエネルギーを節約する運転は、空気容積流量  $V_{Luft}$  の連続制御によつて行われる。ファラデーの法則によれば、所要酸素量は、適当な所要負荷において現われる燃料電池電流  $I_{BZ}$  に比例する。従つて燃料電池装置 1 の確実な運転を保証するため、酸素が過剰に与えられねばならない。他方エネルギー上の理由から、必要な量だけの圧縮空気を準備するのが望ましい。この理由から、空気容積流量の目標値  $V_{s.o.i.}$  が、燃料電池電流  $I_{BZ}$  及び必要な酸素過剰率に関係して、マツプに記憶される。運転中に燃料電池電流  $I_{BZ}$  が測定され、マツプに基いて空気容積流量の目標値  $V_{s.o.i.}$  が求められる。更にセンサ 34 により空気容積流量の実際値  $V_{i.s.t}$  が測定される。それからこれら両方の量の偏差が、電流調整器 13 により電動機 30 の回転数調整に用いられる。

【0018】大きい効率低下なしに燃料電池装置 1 の出力を変化できるようにするため、回転数をよく調整されかつ高い効率を保証する圧縮機駆動装置を必要とする。このために永久磁石で励磁される同期電動機を使用するのがよい。

【0019】本発明による装置及び方法は、陽子伝導電解質膜（PEM 技術）を持つ燃料電池装置における使用に特に適している。しかし使用はこのような燃料電池装置には限定されない。例えば自動車及び鉄道又は分散給電のために、可動又は固定燃料電池装置として使用することができる。

【0020】電動機、圧縮機及び膨張機のこじんまりした構造のため慣性モーメントが僅かであり、電動機の回転数変化速度が高いことによつて、非常に短い反応時間を実現することができる。その結果空気供給の高い活力が得られる。始動時間は 50～100ms の範囲にある。この活力により、例えば車両の分野において必要とされるように強くかつ急速に変動する電流発生装置にも、空気供給装置を使用することが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による燃料電池装置の原理的構成を示す図である。

#### 【符号の説明】

- 1 燃料電池装置
- 3 空気供給導管
- 5 空気排出導管
- 6 圧縮機
- 11 制御装置
- 12 燃料電池
- 16 膨張機
- 20 共通な軸
- 30 電動機

【図 1】

